



**TUGAS AKHIR - 145565**

## **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE PADA TANGKI PEMANAS**

**ARIAN NURIL RAUF**  
**NRP : 10511500000033**

**Dosen Pembimbing 1 :**  
**Dr.Ir. Totok Soehartanto, DEA**  
**NIP. 19650309 199002 1 001**

**Dosen Pembimbing 2 :**  
**Ahmad Fauzan 'Adziimaa, ST,M.Sc**  
**NIP. 1991201711052**

**DIPLOMA III TEKNOLOGI INSTRUMENTASI**  
**DEPARTMEN TEKNIK INSTRUMENTASI**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2018**



**FINAL PROJECT - 145565**

## **DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF HEATING WATER**

**ARIAN NURIL RAUF**  
**NRP : 10511500000033**

*Counselor Lecturer 1 :*  
**Dr.Ir. Totok Soehartanto, DEA**  
**NIP. 19650309 199002 1 001**

*Counselor Lecturer 2 :*  
**Ahmad Fauzan 'Adziimaa, ST,M.Sc**  
**NIP. 1991201711052**

**DIPLOMA III OF INSTRUMENTATION TECHNOLOGY**  
**DEPARTMEN OF INSTRUMENTATION ENGINEERING**  
**FACULTY OF VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN i**  
**“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN  
TEMPERATUR PADA TANGKI PEMANAS”**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :  
**ARIAN NURIL RAUF**  
**NRP.10511500000033**

**Surabaya, 16 Juli 2018**  
**Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing I



**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA**  
**NIP. 19650309 199002 1 001**

Dosen Pembimbing II



**Ahmad Fauzan / Adzizulma, ST.MT**  
**NIP. 1991201711052**

Kepala Departemen  
Teknik Instrumentasi FV-ITS



**Dr. Ir. Burwadi Agus Darwito, MSc**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**

**LEMBAR PENGESAHAN II**

**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN TEMPERATUR  
PADA TANGKI PEMANAS**

**TUGAS AKHIR**


Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:


**ARIAN NURIL RAUF**  
**NRP 10 51 15 000 00 033**

Disetujui Tim Penguji: Tanggal Ujian: 16 Juli 2018  
Periode Wisuda: September 2018

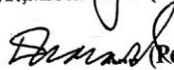
**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA**

 (Pembimbing I)

**Ahmad Fauzan 'Adziima, S.T., M.Sc.**

 (Pembimbing II)

**Ir. Tutug Danardono, M.T.**

 (Penguji)

# RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE PADA TANGKI PEMANAS

Nama : Arian Nuril Rauf  
NRP : 10511500000033  
Departemen : Teknik Instrumentasi FV-ITS

## ABSTRAK

Alat pemanas air adalah alat yang berfungsi untuk mengubah *temperature* suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari *fluida temperature* rendah menuju *fluida temperature* tinggi. Yang mana akan memberikan supply air panas untuk heat exchanger. Pada penelitian ini, difokuskan pada usaha untuk memaksimalkan pengendalian *Heater* agar air panas yang dihasilkan untuk supply air untuk *heat exchanger*. Secara umum prinsip kerjanya ialah ketika air yang ada pada tangki dengan suhu kamar atau 25°C maka *heater* akan menyala sehingga air pada tangki sesuai dengan set point yaitu 70°C, lalu tekanan pada tangki akan memberikan dorongan pada air untuk menuju ke *heat exchanger*. Cara yang digunakan untuk memanipulasi *temperature* adalah dengan mengatur arus yang diberikan pada *heater* agar sesuai dengan set pointnya. Metode control yang digunakan pada sistem ini adalah kontrol *Proporsional* (P) dimana diberikan nilai Kp sebesar 31. Hasil Pengujian didapatkan waktu untuk perubahan *temperature* hingga *set point* ialah 18 menit.

**Kata Kunci :** *Heater, Temperature, Arus*

# ***DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF HEATING TANK***

**Name : Arian Nuril Rauf**  
**NRP : 10511500000033**  
**Department : Instrument Engineering FV-ITS**

## ***ABSTRACT***

Water heater is a tool that serves to change the temperature of a type of fluid. The process occurs by utilizing the process of heat transfer from low temperature fluid to high temperature fluid. Which one will provide hot water supply for heat exchanger. In this study, it focused on efforts to maximize Heater control for hot water generated for the supply of water for heat exchangers. Generally the working principle is when the water is in the tank with room temperature or 25 ° C then the heater will light so that the water in the tank according to the set point is 70 ° C, then the pressure on the tank will give a boost on the water to get to the heat exchanger. The way used to manipulate the temperature is to adjust the current given on the heater to fit the set point. Control method used in this system is Proportional control (P) where given the value of Kp of 31. Testing results obtained time for temperature changes to set point is 18 minutes.

***Keywords : Heater, Temperature, current***

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I.....	i
LEMBAR PENGESAHAN II.....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    LATAR BELAKANG .....	1
1.2    RUMUSAN MASALAH .....	1
1.3    TUJUAN.....	2
1.4    RUANG LINGKUP .....	2
BAB II DASAR TEORI .....	3
2.1    Heat Exchanger .....	3
2.2 Sensor Thermocouple Type-K .....	4
2.2.1 Prinsip Kerja Termokopel (Thermocouple).....	4
2.2.2 Jenis-jenis Termokopel (Thermocouple).....	5
2.3 Mikrokontroler ATmega 128.....	6
2.3.1 Minimum System Microcontroller ATMEGA 128 .....	7
2.3.2 Timer dan Counter .....	8
2.3.3 Prescaler.....	8
2.4 Heater.....	8
2.4.1 Pengertian Elemen Panas Pada Water Heater.....	9
2.4.2 Fungsi elemen pada Water Heater .....	9
2.5 Layar LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	10
2.6 Metode Kontrol Proportional .....	11
2.7 OPTOTRIAC .....	13
2.8 Sistem Kontrol Loop Tertutup .....	14
BAB III METODOLOGI.....	17
3.1 Flowchart .....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1.    Hasil validasi <i>Thermocouple type-k</i> .....	29
4.1.1 Pengujian Validasi Thermocouple Type-K .....	29
4.2 Data Hasil Pengujian.....	30

4.2.1 Pengambilan Data Proses Pemanasan Air.....	30
4.2.1.1 Hasil data temperature terhadap waktu .....	30
4.2.1.2 Hasil data temperature terhadap arus .....	32
4.2.1.3 Hasil data Temperature pada saat <i>steady state</i> .....	33
4.3 Pembahasan .....	37
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
LAMPIRAN A .....	41
LAMPIRAN B .....	75



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Ploting Modul ATmega 128 .....	23
Tabel 3. 2 Hasil Validasi Thermocouple Type-K.....	29
Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Temperature Terhadap Waktu.....	30
Tabel 3. 4 Hasil pengujian pengaruh temperature pada arus .....	32
Tabel 3. 5 Hasil pengambilan data temperature pada saat steady state.....	34

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara Kerja Thermocouple Type-K.....	5
Gambar 2. 2 Thermocouple Type-K.....	6
Gambar 2. 3 Konfigurasi PIN ATmega 128.....	7
Gambar 2. 4 Electrical Heater .....	9
Gambar 2. 5 LCD (group, 2018) .....	10
Gambar 2. 6 Proportional band dari controller proportional tergantung penguatan .....	12
Gambar 2. 7 Gambar respon sistem sebelum di beri nilai $K_p$ .....	12
Gambar 2. 8 Gambar respon sistem setelah di beri nilai $K_p$ .....	12
Gambar 2. 9 Gambar MOC3041 .....	13
Gambar 2. 10 Sistem Loop Tertutup .....	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir ( Flowchart ).....	17
Gambar 3. 2 P&ID Plant Heat Exchanger .....	18
Gambar 3. 3 P&ID Tugas Akhir.....	19
Gambar 3. 4 Design Tangki 2D Menggunakan Corel Draw .....	19
Gambar 3. 5 Hasil Pembuatan Tangki Pemanas .....	20
Gambar 3. 6 Penempatan Posisi Electrical Heater .....	21
Gambar 3. 7 Penempatan Posisi Float Switch .....	22
Gambar 3. 8 Perancangan Thermocouple Pada Simulator Proteus.....	
Gambar 3. 9 Peletakan LCD 16x2 Pada Control Pannel.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 3. 10 Simulasi Thermocouple Pada Proteus .....	25
Gambar 3. 11 Peletakan Sensor Thermocouple Pada Plant	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 3. 12 Perancangan ATmega 128.....	26

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan kebesaran-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE PADA TANGKI PEMANAS”

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma pada Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga tercinta, orangtua penulis terima kasih atas dorongan semangatnya, bantuan dan dukungannya selama ini sehingga laporan ini dapat selesai dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc selaku kepala departemen teknik instrumenatsi ITS, Surabaya.
3. Bapak Dr.Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir.
4. Bapak Ahmad Fauzan ‘Adziimaa, ST,M.Sc selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir.
5. Mas Dayat yang membantu dalam hal memberi saran dalam Tugas Akhir ini.
6. Rekan-rekan team tugas akhir Heat exchanger atas kekompakan dan kerjasamanya.
7. Teman-teman D3 teknik Instrumentasi angkatan 2015 yang membantu dan mensupport selama kegiatan Tugas Akhir berlangsung.
8. Seluruh karyawan dan staff Departemen Teknik Instrumentasi yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebaih baik lagi untuk di kemudisn hari.

Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 25 Juni 2018  
Penulis

Arian Nuril Rauf  
NRP. 10 5115 00000 033

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Simulator alat penukar panas membutuhkan supply air panas dan supply air dingin, Dimana air panas dihasilkan dari air yang di panaskan dalam tanki pemanas menggunakan heater. Kalor yang di hasilkan oleh heater di pergunakan untuk memanasi volume air dalam tanki yang volumenya berubah-ubah sehingga temperature air mengalami perubahan juga karena tidak ada keseimbangan energy maka dari itu akan di lakukan perancangan sistem pengendalian temperature pada tanki pemanas agar temperature outletnya dapat di jaga pada temperature tertentu.

Sekalipun terjadi perubahan volume air dalam tanki untuk dapat menjaga temperature sesuai set point mengikuti perubahan volume yang ada pada tanki maka perlu di lakukan perancangan system pengendalian temperature dengan memasang sensor temperature pada outlet tanki pemanas dan meletakkan manipulasi arus pada heaternya. Hasil dari tugas akhir ini , berupa simulator system pengendalian temperature alat pemanas air yang dapat di monitor melalui control room

Dari tugas akhir ini, akan dihasilkan sistem pengendalian temperature pada tangki pemanas air dengan menggunakan heater yang dimanipulasi arusnya agar dapat memanaskan air yang berubah-ubah volumenya serta menggunakan sensor thermocouple yang akan mendeteksi suhu air dan mengirim sinyal ke *contsroller* yang akan mengirim sinyal mengaktifkan aktuator yang akan memanasi air pada tangki yang mana akan digunakan untuk supply air panas pada heat exchanger. Serta jika thermocouple mendeteksi temperature yang tidak sesuai dengan *set point* maka heater akan tetap menyala hingga sesuai dengan *set point*.

### **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang sistem pemanasan pada tanki air agar dapat menghasilkan kalor sesuai dengan kebutuhan melalui manipulasi arus listrik ?
2. Bagaimana merancang system pengendalian temperature pada tanki pemanas air yang volume air nya berubah ubah ?

### **1.3 TUJUAN**

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 teknik instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Mampu merancang system pemanasan pada tanki air agar dapat menghasilkan kalor sesuai dengan kebutuhan melalui manipulasi arus listrik
2. Mampu merancang system pengendalian temperature pada tanki pemanas air yang volumenya berubah ubah

### **1.4 RUANG LINGKUP**

Ruang lingkup yang dibahas adalah :

1. Perancangan dan pembuatan heater pada tanki pemanas
2. Merancang potensiometer sebagai regulator arus pada heater
3. Merancang kontroler untuk memanipulasi arus pada heater berdasarkan inferensi temperature outlet

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

#### **2.1 Heat Exchanger**

Perpindahan kalor dari suatu zat ke zat lain seringkali terjadi dalam kehidupan sehari-hari baik penyerapan atau pelepasan kalor, untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung. Kalor sendiri adalah salah satu bentuk energi. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak musnah, contohnya hukum kekekalan massa dan momentum, ini artinya kalor tidak hilang. Energi hanya berubah bentuk dari bentuk yang pertama ke bentuk yang kedua. Kalor dapat berpindah dengan tiga macam cara yaitu:

1. Pancaran, sering juga dinamakan radiasi.
2. Hantaran, sering juga disebut konduksi.
3. Aliran, sering juga disebut konveksi

Heat Exchanger adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah. Di dalam dunia industri peran dari heat exchanger sangat penting. Misal dalam industri pembangkit tenaga listrik, heat exchanger berperan dalam peningkatan efisiensi sistem. Contohnya adalah ekonomizer, yaitu alat penukar kalor yang berfungsi memanaskan feed water sebelum masuk ke boiler menggunakan panas dari exhaust gas (gas buang). Selain itu heat exchanger juga merupakan komponen utama dalam sistem mesin pendingin, yaitu berupa evaporator dan condenser.

Dalam perkembangannya heat exchanger mengalami transformasi bentuk yang bertujuan meningkatkan efisiensi sesuai dengan fungsi kerjanya. Bentuk heat exchanger yang sering digunakan ialah shell and tube. Dengan berbagai pertimbangan bentuk ini dinilai memiliki banyak keuntungan baik dari segi fabrikasi, biaya, hingga unjuk kerja.

Heat exchanger merupakan media vital didalam dunia industri. Untuk itu dalam tugas akhir ini direncanakan sebuah heat

exchanger model shell and tube sederhana namun tetap mengacu pada kaidah desain yang ada. Sehingga didapat keuntungan sebagai metode pembelajaran mengenai proses desain, mekanisme kerja, hingga unjuk kerja heat exchanger.

## 2.2 Sensor Thermocouple Type-K

Termokopel (Thermocouple) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric*". Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (junction) ini dinamakan dengan Efek "*Seebeck*".

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (Temperature). Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $2000^{\circ}\text{C}$ . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan.

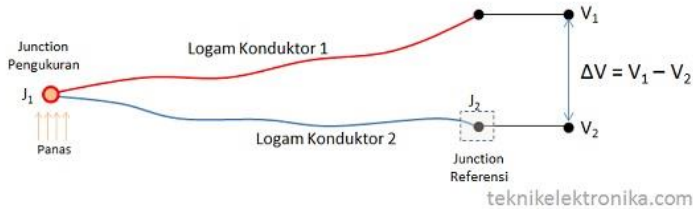
### 2.2.1 Prinsip Kerja Termokopel (Thermocouple)

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.



Untuk lebih jelas mengenai Prinsip Kerja Termokopel, mari kita melihat gambar dibawah ini :

### Termokopel (Thermocouple)



Gambar 2. 1 Cara Kerja Thermocouple Type-K

Berdasarkan Gambar diatas, ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau  $V_1 = V_2$ . Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau  $V_1 - V_2$ . Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar  $1 \mu\text{V} - 70 \mu\text{V}$  pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.

### 2.2.2 Jenis-jenis Termokopel (Thermocouple)

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah Jenis-jenis atau tipe Termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional.



Gambar 2. 2 Thermocouple Type-K

- **Termokopel Tipe K**

Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif : Nickel-Aluminium

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$

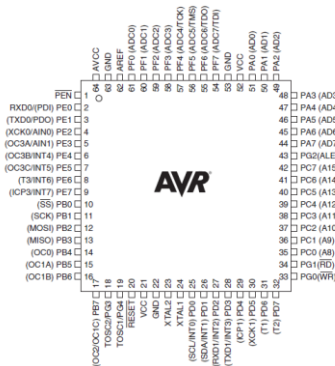
### 2.3 Mikrokontroler ATmega 128

Merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit. Beberapa fitur yang dimiliki adalah memiliki beberapa memory yang bersifat non-volatile, yaitu 128 Kbytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (128 Kbytes memory flash untuk pemrograman), 4 Kbytes memori EEPROM, 4 Kbytes memori internal SRAM, write/erase cycles : 10.000 flash/ 100.000 EEPROM (program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk flash memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM). Selain memori, fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler atmega128 ini adalah pada perangkat peripheral interface-nya, yaitu memiliki 2 buah 8-bit timer / counter, 2 buah expand 16-bit timer / counter, RTC (Real Time Counter) dengan oscillator yang terpisah, 2 buah 8-bit chanel PWM, 6 PWM chanel dengan resolusi pemrograman dari 2 sampai 16 bits, output compare modulator, 8-chanel 10-bit ADC, 2 buah TWI (Two Wire Interface), 2 buah serial USARTs, master / slave SPI serial interface, Programmable Watchdog Timer dengan On-chip Oscillator, On-chip analog comparator, dan memiliki 53 programmable I/O. Sedangkan untuk pengoperasiannya sendiri, Mikrokontroler ATmega128 dapat

dioperasikan pada catuan 4.5 – 5.5 V untuk ATmega128 dengan clock speed 0 – 16 MHz.(3.8)

### 2.3.1 Minimum System Microcontroller ATMEGA 128

Merupakan suatu rangkaian minimalis yang dirancang / dibuat agar suatu mikrokontroler dapat berfungsi dan bekerja dengan semestinya. Konfigurasi pin ISP (In System Programming) pada Mikrokontroler ATmega128 adalah mosiRX0, miso-TX0, SCK-SCK, dan power supply.



Gambar 2. 3 Konfigurasi PIN ATmega 128

Desain sistem minimum tersebut merupakan rangkaian minimum yang terdiri dari beberapa led indikator dan 2 port I/O expansion, selain itu juga dilengkapi dengan rangkaian referensi clock, rangkaian reset, dan port pemrograman ISP. Pada rangkaian sistem minimum ini juga harus diperhatikan bahwa pin PEN harus pada kondisi pull up (pin PEN dihubungkan dengan catuan/vcc yang diberi tahanan). Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa untuk konfigurasi programing mikrokontroler atmega 128 ini menggunakan ISP, pin MOSI downloader terhubung dengan pin RX0 mikrokontroler, sedangkan pin MISO downloader terhubung dengan pin TX0 mikrokontroler, sedangkan pin SCK dan pin reset downloader masing masing terhubung dengan pin SCK dan pin reset mikrokontroler. Port - port I/O dan peripheral interface pada mikrokontroler ATmega128 yang telah terhubung dengan sistem

minimum dapat langsung dihubungkan ke perangkat - perangkat atau komponen lainnya untuk diintegrasikan menjadi suatu sistem / rangkaian elektronika yang lebih kompleks.

### **2.3.2 Timer dan Counter**

Timer dan counter merupakan fitur yang telah tertanam di microcontroller AVR yang memiliki fungsi terhadap waktu. Fungsi waktu yang dimaksud disini adalah penentuan kapan program tersebut dijalankan, tidak hanya itu saja fungsi timer yang lainnya adalah PWM, ADC, dan Oscillator. Prinsip kerja timer dengan cara membagi frekuensi (prescaler) pada clock yang terdapat pada mikrokontroler sehingga timer dapat berjalan sesuai dengan frekuensi yang di kehendaki. Timer merupakan fungsi waktu yang sumber clocknya berasal dari clock internal. Sedangkan counter merupakan fungsi perhitungan yang sumber clocknya berasal dari external mikrokontroler. Pada mikrokontroler ATMEGA 128 memiliki 4 buah timer yaitu timer 0 (8bit), timer 1 (16bit), timer 2 (8bit), timer 3 (16bit).

### **2.3.3 Prescaler**

Pada dasarnya timer hanya menghitung pulsa clock. Frekuensi pulsa clock yang dihitung tersebut bisa sama dengan frekuensi crystal yang digunakan atau dapat diperlambat menggunakan prescaler dengan faktor 8, 64, 256 atau 1024.

Rumus maksimum waktu Timer yang bisa dihasilkan :

$$T_{MAX} = 1/f_{CLK} \times (FFFFh + 1) \times N$$

Keterangan :

fCLK = Frekuensi Crystal Clock

FFFFh = Jumlah bit timer

N = Prescaler

## **2.4 Heater**

Dalam water heater ada satu alat yang bertindak utama untuk memanaskan air, dapat di dikatakan ini yaitu jantungnya dari satu alat pemanas air. Alat ini kerap kita sebut Elemen Panas.

### 2.4.1 Pengertian Elemen Panas Pada Water Heater

Elemen Panas Listrik (*Electrical Heating Element*) pada water heater yaitu suatu alat elektrik yang bisa memanaskan air dengan gampang serta cepat. Sumber panas elemen itu didapatkan dari kawat yang mempunyai tahan listrik tinggi (*Resistance Wire*) , itulah mengapa kawat itu tak meleleh atau terbakar waktu berlangsung panas. Niklin yaitu bahan yang umum digunakan pada elemen, lalu di lapisi oleh bahan isolasi yang bisa melanjutkan panas



Gambar 2. 4 Electrical Heater

Cepat atau lambat water heater dalam memanaskan air di tetapkan oleh besar kecilnya watt yang ada pada elemen. Tetapi, harus juga di cocokan dengan tabung water heater berpa liter air yang bakal di panasi. Alat elektrik rumah tangga seperti setrika, magic com, solder, panas pada dispenser, dan lain lain juga memakai komponen basic elemen.

Ukuran elemen yang umum di gunakan pada water heater yakni :

- Water Heater kecil  $\pm 250$  watt – 500 watt
- Water Heater tengah  $\pm 700$  watt – 1200 watt
- Water Heater Besar  $\pm 1200$  watt – 2000 watt
- 

### 2.4.2 Fungsi elemen pada Water Heater

Untuk memanaskan air yang ada pada tabung water heater dengan sumber panas dari kawat yang mempunyai tahanan listrik tinggi, memiliki bahan niklin serta di lapisi isolasi yang lalu di aliri

arus listrik yaitu manfaat dari elemen pada water heater. Untuk menghindari agar tak berlangsung panas yang berlebihan (*over heating*) , umumnya water heater memakai satu alat yakni Thermostart.

Langkah kerjanya lebih kurang seperti ini, ketika water heater di colokin ke listrik, thermostart bakal kirim arus listrik pada elemen untuk memanaskan air di dalam tabung water heater, serta sesudah air panas dengan suhu yang kita tentukan pada thermostart, jadi thermostart bakal memutus arus yang tadi ke elemen, apabila panas air sudah menyusut, jadi thermostart bakal otomatis kirim aliran listrik lagi ke elemen, serta demikian selanjutnya.

## 2.5 Layar LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD atau *Liquid Crystal Display* merupakan layar atau media yang digunakan sebagai penampil data untuk pengguna. LCD memiliki prinsip kerja yaitu mengatur Kristal untuk mempolarisasikan cahaya sehingga Cahaya matahari akana dibiaskan menjadi berbagai macam warna tertentu. Material Kristal pada LCD menggunakan bahan yang berasal dari *passive matrix*, *indium-tin oxide*, *Active matrix*. Data atau gambar yang akan ditampilkan pada layar LCD membutuhkan rangkaian pengatur scanning dan pembangkit tagangan sinus. Pada LCD terdapat pin pin yang memiliki fungsi tertentu sehingga dapat disambungkan ke kaki-kaki mikrokontroller untuk menampilkan data yang diinginkan. Oleh karena itu penggunaan LCD sangat penting agar pengguna dapat mengetahui data yang diinginkan dalam system secara otomatis.



Gambar 2. 5 LCD (*group, 2018*)

## 2.6 Metode Kontrol Proportional

Kontrol P jika  $G(s) = K_p$ , dengan  $k$  adalah konstanta Proporsional.  $K_p$  berlaku sebagai Gain (penguat) saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kontroller. Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol yang tidak dinamik ini. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol p ini cukup mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya rise time dan settling time. Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional. Dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktual)

Ciri-Ciri Pengontrol proporsional:

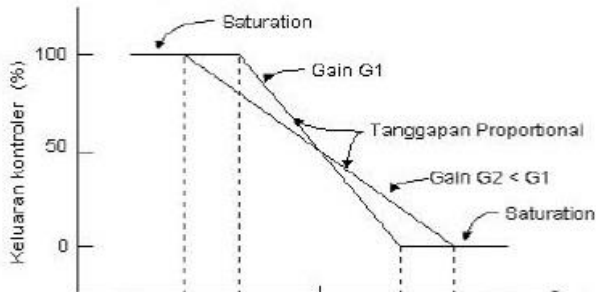
1. Jika nilai  $K_p$  kecil, pengontrol proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat (menambah rise time).
2. Jika nilai  $K_p$  dinaikan, respon/tanggapan sistem akan semakin cepat mencapai keadaan mantapnya (mengurangi rise time).
3. Namun jika nilai  $K_p$  diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil atau respon sistem akan berosilasi.
4. Nilai  $K_p$  dapat diset sedemikian sehingga mengurangi steady state error, tetapi tidak menghilangkannya.

Pengendali proportional memiliki 2 parameter yaitu : pita peoportional (band proportional ) dan konstanta proportional. Daerah kerja efektif kontroller dicerminkan oleh pita proportional , sedangkan konstanta proportional menunjukkan nilai faktor penguatan terhadap sinyal kesalahan,  $K_p$ . Hubungan antara pita proportional (PB) dengan konstanta proportional (KP) ditunjukkan sbb :

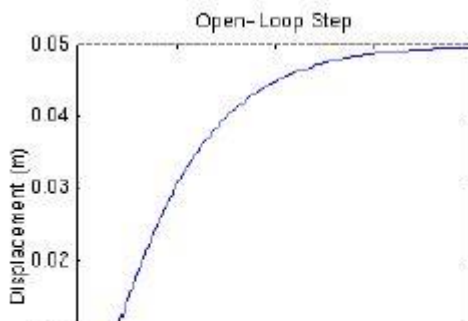
$$PB = (1 / K_P ) \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

Gambar berikut ini merupakan grafik hubungan antara PB, keluaran kontroller dan kesalahan yang merupakan masukan

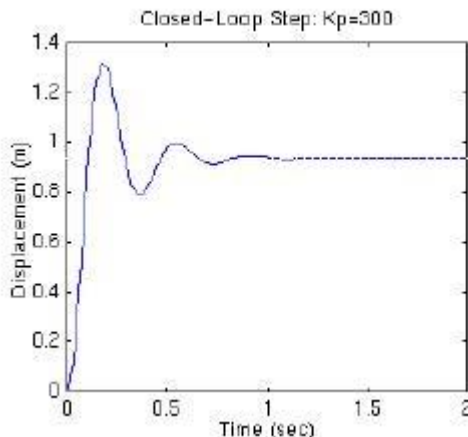
kontroller. Ketika konstanta proportional semakin tinggi, pita proportional menunjukkan penurunan yang semakin kecil, sehingga lingkup kerja yang dikuatkan akan semakin sempit.



Gambar 2. 6 Proportional band dari kontroller proportional tergantung penguatan



Gambar 2. 7 Gambar respon sistem sebelum di beri nilai  $K_p$

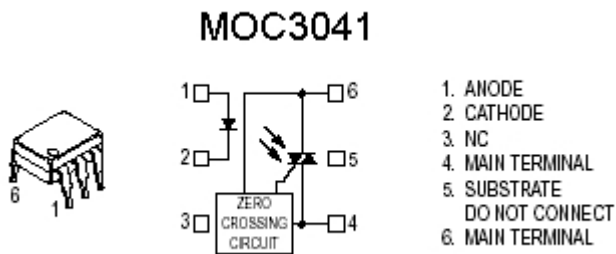


Gambar 2. 8 Gambar repon sistem setelah di beri nilai  $K_p$



## 2.7 OPTOTRIAC

Prinsip kerja rangkaian ini adalah memanfaatkan masukan dengan arus yang kecil untuk menghidupkan LED di dalam kemasan IC tersebut yang akan menyulut triac yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang dapat melewatkan arus bolak balik, keluaran optotriac inilah yang akan berhubungan langsung dengan sumber tegangan AC pada beban yang akan dikendalikan. Gambar rangkaian terpadu MOC3041 terlihat pada Gambar 1.

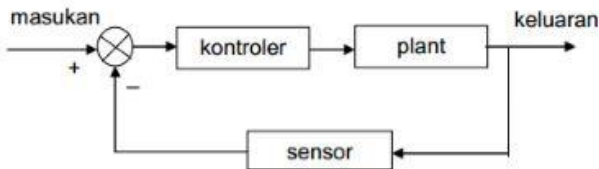


Gambar 2. 9 Gambar MOC3041

Optotriac tipe MOC 3041 ini dilengkapi dengan rangkaian detektor pelintas nol (*Zero Crossing Detector*) yang mampu membuat optotriac ini mulai akan konduksi pada saat siklus tegangan masukannya pada nol. Hal ini akan mencegah terjadinya lonjakan arus yang besar secara tiba-tiba pada beban yang dikendalikan. Keuntungan dengan menggunakan IC ini adalah lebih terjaminnya keamanan rangkaian pengendali dari hubungan langsung terhadap tegangan jala-jala PLN. Hal ini dikarenakan terpisahnya aliran arus antara beban pengendali dengan penggunaan optotriac. Optotriac MOC3041 bekerja pada level tegangan ac antara 200-400 V<sub>ac</sub> dengan tegangan masukan pada LED 2,3 V<sub>DC</sub> sedangkan arus kerjanya 200 mA.

## 2.8 Sistem Kontrol Loop Tertutup

Sistem Kontrol loop tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol loop tertutup juga merupakan sistem *control* berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya). Diumpankan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, istilah “loop tertutup” berarti menggunakan aksi umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem.



Gambar 2. 10 Sistem Loop Tertutup

Gambar diatas menunjukkan hubungan masukan dan keluaran dari sistem kontrol loop tertutup. Jika dalam hal ini manusia bekerja sebagai operator, maka manusia ini akan menjaga sistem agar tetap pada keadaan yang diinginkan, ketika terjadi perubahan pada sistem maka manusia akan melakukan langkah-langkah awal pengaturan sehingga sistem kembali bekerja pada keadaan yang diinginkan.

Berikut ini adalah komponen pada sistem kendali tertutup:

1. Input (masukan), merupakan rangsangan yang diberikan pada sistem kontrol, merupakan harga yang diinginkan bagi variabel yang dikontrol selama pengontrolan. Harga ini tidak tergantung pada keluaran sistem
2. Output (keluaran, respons), merupakan tanggapan pada sistem kontrol, merupakan harga yang akan dipertahankan

bagi variabel yang dikontrol, dan merupakan harga yang ditunjukkan oleh alat pencatat

3. Beban/Plant, merupakan sistem fisis yang akan dikontrol (misalnya mekanis, elektris, hidrolik ataupun pneumatic)
4. Alat kontrol/*controller*, merupakan peralatan/ rangkaian untuk mengontrol beban (sistem). Alat ini bisa digabung dengan penguat
5. Elemen Umpan Balik, menunjukan/mengembalikan hasil pencatan ke detector sehingga bisa dibandingkan terhadap harga yang diinginkan (di stel)
6. Error Detector (alat deteksi kesalahan), merupakan alat pendeteksi kesalahan yang menunjukan selisih antara input (masukan) dan respons melalui umpan balik (feedback path)

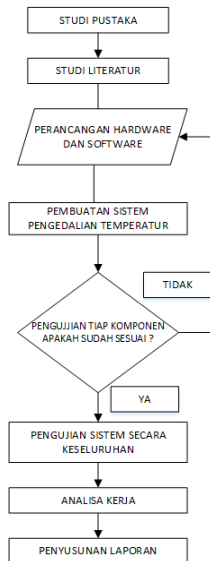
Gangguan merupakan sinyal-sinyal tambahan yang tidak diinginkan. Gangguan ini cenderung mengakibatkan harga keluaran berbeda dengan harga masukanya, gangguan ini biasanya disebabkan oleh perubahan beban sistem, misalnya adanya perubahan kondisi lingkungan, getaran ataupun yang lain.

*(halaman ini sengaja di kosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Flowchart

Adapun flowchart pengerjaan tugas akhir adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir ( Flowchart )

Berikut merupakan penjelasan gambaran umum dari masingmasing tahapan yang ada dalam diagram alir pada Gambar 2.8 :

a. Studi pustaka

Mengumpulkan jurnal nasional, Internasioanl dan makalah yang berkaitan dengan pengendalian Temperature dan bagaimana output Temperature stabil pada *Heater* untuk kebutuhan proses *Heat Exchanger*. Jurnal dan makalah.

b Studi Literatur

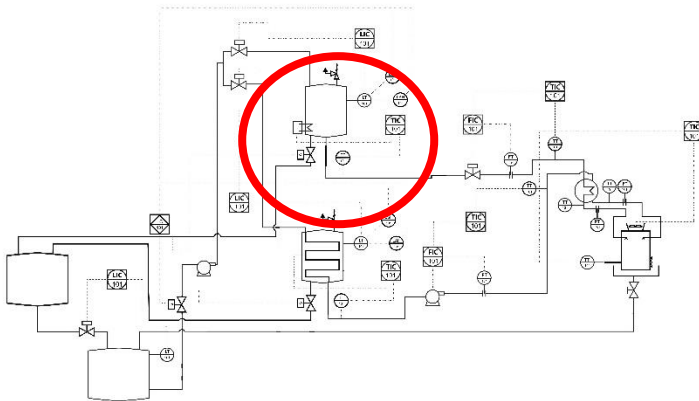
Study Literatur ini merupakan pengumpulan informasi yang berkaitan dengan komponen – komponen tugas akhir. Selain itu

dalam tahapan ini, akan dilakukan pembentukan konsep yang jelas untuk pengerjaan tugas akhir. Diantaranya dilakukan pencarian tentang bentuk sistem pengendalian pemanas, komponen yang dipakai, dan model sensor yang akan digunakan.

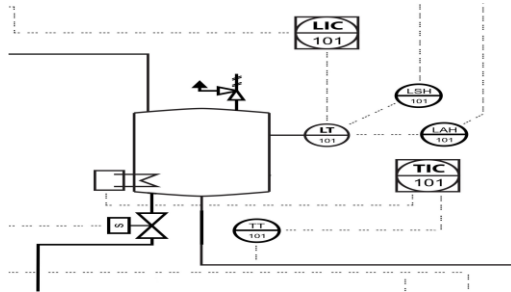
c. Perancangan Hardware dan Software

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem pengendalian temperature yang digunakan yaitu sensor suhu Thermocouple berbasis atmega128. Dimana tujuan diberikan system tersebut adalah agar dapat memberikan pembacaan suhu pada tanki pemanas dengan hasil yang akurat

Sebelum pengerjaan di lakukan pertama-tama haruslah merancang dari pada system plant yang akan kita buat , agar dalam pengerjaan tugas akhir sesuai dengan aspek yang di inginkan. Lalu di dapatkan plant alat penukar panas yang mana nantinya di butuhkan supply air panas. Berikut adalah pnid dari pada plant

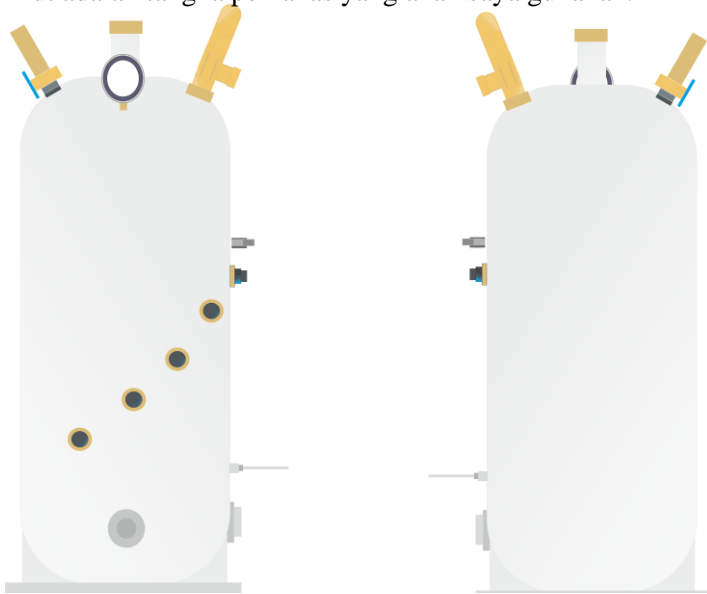


Gambar 3. 2 P&ID Plant Heat Exchanger



Gambar 3. 3 P&ID Tugas Akhir

Penggunaan tangki pemanas pada heat exchanger adalah sebagai sumber dari pada air panas yang terdapat element-element pemanas serta sensor yang berkaitan. Ukuran tangka yang saya gunakan yaitu tinggi 60cm dan diameter tangki 25cm dengan total volume air 29liter. Bahan yang saya gunakan yaitu stainlesssteel. Berikut adalah tangka pemanas yang akan saya gunakan.



Gambar 3. 4 Design Tangki 2D Menggunakan Corel Draw



Gambar 3. 5 Hasil Pembuatan Tangki Pemanas

Dari desain tangki pemanas tersebut di dapat kan ukuran dan peletakan tiap komponen penunjang alat tugas akhir yang kemudian di kerjakan sesuai dengan design yang telah di buat sehingga mendapatkan hasil sesuai pada **Gambar 2.14** tersebut. Dengan ukuran 60x25cm dengan rincian ketinggian 60cm untuk ketinggian tangka kemudian 25cm untuk diameter tangka. Kemudian didapat volume maximal tankgi yaitu 30Liter air. Di dapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$volume\ tabung = \pi . r^2 . t \dots\dots\dots(3.1)$$

$$volume\ tabung = 3.14 . 12,5^2 . 60 \dots\dots\dots(3.2)$$

$$volume\ tabung = 30l \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan volume tangki 30L maka diperlukan perhitungan untuk mencari kapasitas heater yang cocok untuk di gunakan memanaskan air dengan set point 70° sebagai berikut:

$$Q_{input} = M.C.\Delta t \dots\dots\dots(3.3)$$

$$= 20 . 4200 . 25^{\circ} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$= 2.100.000\ J/Kg^{\circ}C / 1,990\ BTU \dots\dots\dots(3.5)$$

Diketahui :

$$M = 20L = 20Kg$$



$$C = 4200 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta = 25^\circ\text{C}$$

Jika nilai BTU di konversikan menjadi Watt maka :

$$1,990 \text{ BTU} = 615,44 \text{ Watt}$$

Nilai BTU yang semula per-Jam di ubah menjadi Menit dan Detik menjadi :

$$1,990 \text{ BTU}/60 = 33,16 \text{ BTU}/\text{Menit}$$

$$1,990 \text{ BTU}/3600 = 0,55 \text{ BTU}/\text{Detik}$$

$$Q_{\text{output}} = M.C.\Delta t \dots\dots\dots(3.6)$$

$$= 20 \times 4200 \times 70 \dots\dots\dots(3.7)$$

$$= 5.880.000 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} / 5,573 \text{ BTU} \dots\dots\dots(3.8)$$

Jika nilai BTU di konversikan menjadi Watt maka :

$$5,573 \text{ BTU} = 1633 \text{ Watt}$$

Nilai BTU yang semula per-Jam di ubah menjadi Menit dan Detik menjadi :

$$5,573 \text{ BTU}/60 = 92,88 \text{ BTU}/\text{Menit}$$

$$1,990 \text{ BTU}/3600 = 1,54 \text{ BTU}/\text{Detik}$$

#### d. Pembuatan Sistem Pengendalian Temperature

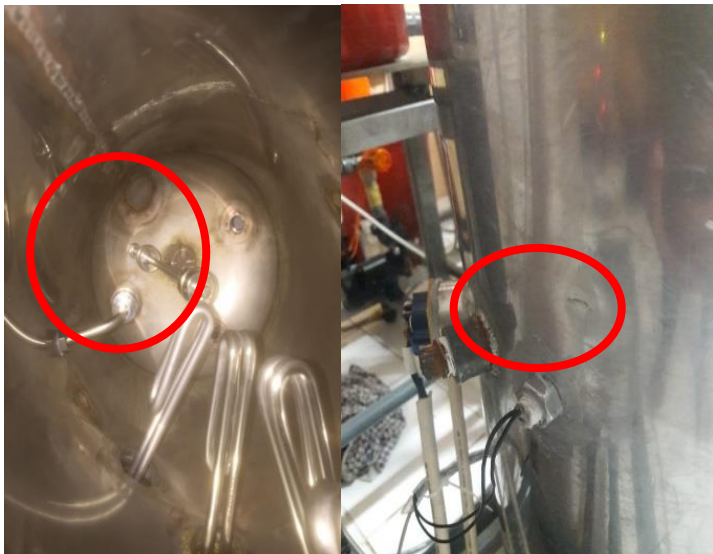
Pada system pengendalian temperature ini menggunakan heater sebagai actuator dari proses. Electrical heater ini akan bekerja sesuai perintah kontroler untuk memberikan energi pada air yang terdapat dalam tangki sesuai dengan set point yang diberikan. Pada mikrokontroler ATmega 128 , Heater ini berada pada PORT E dan B.



Gambar 3. 6 Penempatan Posisi Electrical Heater

- **Perancangan Sensor Level Float Switch**

Pada system pengendalian temperature ini float switch berperan sebagai penjaga kesetabilan air agar tetap pada posisi teratas dari pada heater agar heater tidak mudah rusak dan mengakibatkan panas yang berlebih pada heater. Level ketinggian air pada tangki yang saya gunakan yaitu sekitar 20L atau 40cm. Pada mikrokontroler ATmega 128 Float switch berada pada PORT E pin 6.



Gambar 3. 7 Penempatan Posisi Float Switch

- **Perancangan Perangkat Lunak**

Setelah melakukan perancangan kerja sistem yang meliputi pembuatan P&ID sistem alarm pada simulator alat penukar panas, survey alat yang digunakan, pengujian alat yang digunakan, dan penetapan range operasional sementara. Maka, tahap selanjutnya adalah memasuki perancangan perangkat lunak dan keras. Dalam perancangan perangkat lunak digunakan simulasi percobaan menggunakan Proteus 7 Professional sebagai software simulator

dan CodeVisionAVR sebagai software IDE program dari ATmega128

Tabel 3. 1 Ploting Modul ATmega 128

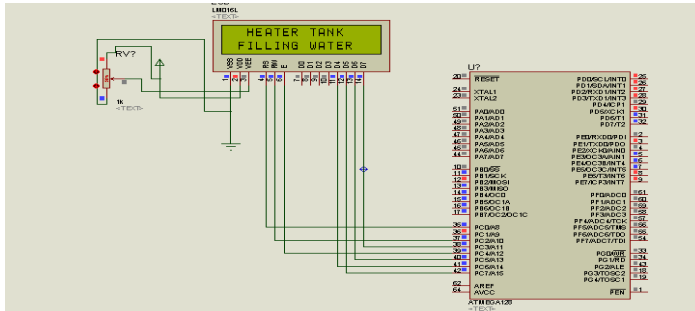
Pin/Port	F	state	B	state	C	state	D	state	E	state
0	adc set temp		SCK	T	LCD 0	0	phase S/int 0	P	RX	T
1	adc NTC			0	LCD 1	0	phase T/int 1	P	TX	0
2			led dry	0	LCD 2	0	Phase R/int 2	P		P
3			SV/MOV	0	LCD 3	0	Run SW/ int 3	P	heat 5	0
4			SV/MOV	0	LCD 4	0	SDIN	0	heat 1/OC3B	0
5			led Heat	0	LCD 5	0	Ledrun	T	heat 32OC3C	0
6			heat 3/OC1B	0	LCD 6	0	CS	0	float SW1/int4	P
7			heat 4/OC1C	0	LCD 7	0	SCLK	0	float SW2/int5	P

Fungsi dari penentuan port ini supaya pin/port di ATmega128 dapat terpakai dengan efisien dan memudahkan dalam hal mengoding serta melakukan pengaturan di CV AVR. Port E digunakan sebagai Heater , float switch. Port B digunakan sebagai inputan dari lampu heater , solenoid valve , Port C digunakan sebagai LCD dan yang terakhir Port D digunakan sebagai thermocouple , tombol run , serta input sumber 3 fasa. Setelah mengetahui port mana yang digunakan langsung kita simulasikan di Proteus. Berikut beberapa hasil dari simulasi pada perancangan perangkat lunak :

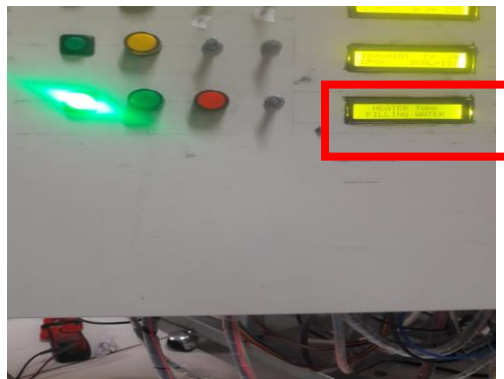
### • Perancangan LCD 16X2

LCD yang digunakan 2 baris x 16 kolom. LCD memiliki memori internal yang berisi definisi karakter sesuai dengan standart ASCII (CGROM- Character Generator ROM dan memori sementara (RAM) yang biasa digunakan bila memerlukan karakter khusus (kapasitas 8 karakter). RAM ini juga berfungsi untuk menyimpan karakter yang ingin ditampilkan di LCD.

Pin yang digunakan di LCD menggunakan semua di port C. untuk data karakter yang dikirim dari ATmega128 ke LCD semua menggunakan port di LCD D0-D7 serta juga port RS, RW dan E. bagian VSS disambungkan ke ground dan bagian VDD disambungkan ke sumber 0-5 Volt, bagian VEE ke potensio untuk mengatur kontras dari karakter LCD dan port A dan K untuk mengaktifkan lampu LCD. Berikut adalah gambar simulasi proteus LCD dan gambar aslinya di plant sesuai dengan port yang sudah ditentukan pada table di atas.



Gambar 2. 11 Simulasi LCD 16x2 Menggunakan Proteus

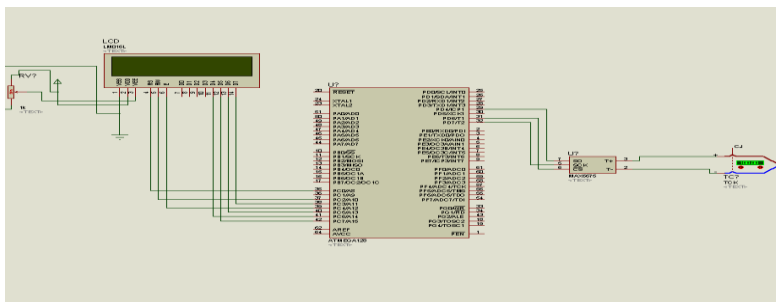


Gambar 3. 9 Peletakan LCD 16x2 Pada Control Pannel

Pada lcd 16x2 yang saya gunakan terdapat tulisan yang mewakili setiap proses pada plant pada saat plant di jalankan. Yaitu pada start up program pertama “HEATER TANK FILLING WATER”, pada proses yang pertama ini plant sedang melakukan pengisian air pada tangka dan saat float switch memberikan sinyal pada mikrokontroler lalu berubah menjadi “HEATER TANK HEATING WATER”, yang berarti plant sedang memanasi air sesuai dengan set point.

- **Perancangan Thermocouple**

Sensor thermocouple bekerja dengan cara sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan temperature setiap  $1^{\circ}\text{C}$  menggunakan module MAX6675 yang akan menjadi rangkaian pengondisian sinyal dan dikirimkan menuju mikrokontroller Atmega128 yang kemudian di siplaykan ke LCD atau dikirimkan ke USART/HMI. Prinsip kerja thermocouple pada plant ini adalah ketika temperature terdeteksi dan terjadi perubahan maka akan mengirimkan sinyal analog menuju controller yakni Atmega128. Data dari sensor akan diolah menjadi sinyal digital (ADC) di controller Atmega128 lalu dikirm ke PC817 Optocoupler untuk mengaktifkan heater agar suhu sesuai dengan set point. Peletakan sensor thermocouple berada di outlet dari Tangki. Berikut adalah simulasi thermocouple menuju Atmega128

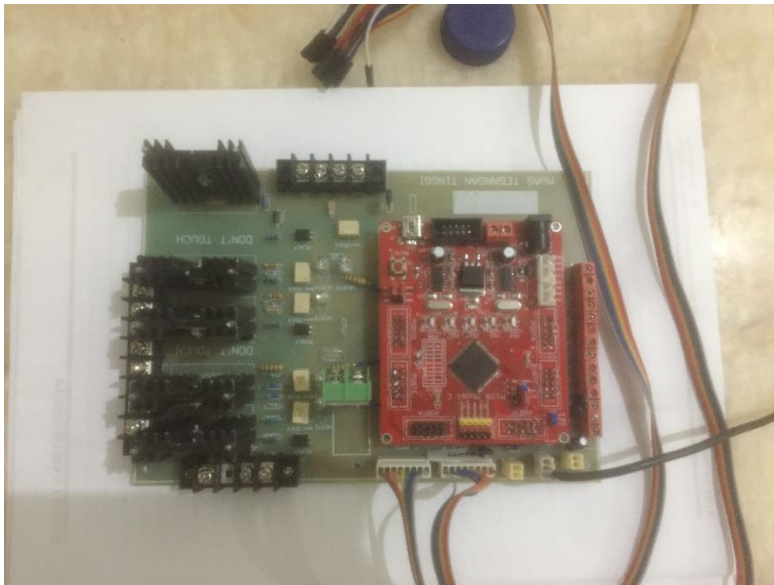


Gambar 3. 10 Simulasi Thermocouple Pada Proteus



- **Perancangan Mikrokontroler ATmega 128**

Pada alat pemanas air ini , mikrokontroler ATmega 128 sebagai kontroler memiliki system kerja yaitu mikrokontroler mendapatkan masukan dari sensor thermocouple. Ketika level air pada tangki telah sampai pada ketinggian yang di tentukan maka thermocouple akan memberikan data bahwa suhu pada air tidak sesuai dengan set point lalu Heater akan menyala sampai air sesuai pada set point. Sebaliknya jika air sudah berkurang pada ketinggian air tertentu maka heater akan mati. Mikrokontroler ini juga di pasang dengan board yang di rancang dengan dimmer guna mempermudah jalannya proses plant.



Gambar 3. 11 Perancangan ATmega 128

e. Pengujian komponen

Dilakukan dengan menjalankan alat tersebut, kemudian dapat dilihat kesesuaiannya alat dengan hasil yang di inginkan, jika belum terpenuhi maka akan dilakukan evaluasi pada desain alat terutama pada koding program.

f. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Integrasi instrumen dan program yaitu setelah program selesai dikoding dan instrument dirangkai maka dilakukan integrasi antara program dengan alat.

g. Analisa Data

Ini dilakukan bagaimana respon kontrol P terhadap sistem pengendalian ini, Respon dari variable kontrol tersebut dianalisa, apakah kondisi bisa terjaga pada setpoint yang ditentukan performa sistem pengendalian kemudian di evaluasi.

h. Penyusunan Laporan

Setelah semua telah di lakukan langkah yang terakhir yaitu membuat laporan yang di berisi Pendahuluan , Dasar teori , Analisa data , dan kesimpulan dan saran.

*(halaman ini sengaja di kosongkan)*



## **BAB IV**

### **ANALISA DATA**

#### **4.1. Hasil validasi *Thermocouple type-k***

Pengujian validasi thermocouple ini dilakukan dengan membandingkan thermocouple yang akan di gunakan pada plant ini apakah nilainya tidak jauh berbeda dengan thermometer yang sudah standart. Data ini diambil ketika temperature pada thermocouple dan thermometer ini naik 5 derajat celcius lalu dicatat juga penurunan suhu pada thermocouple agar dapat melihat berapa akurat sensor yang akan di gunakan pada tugas akhir ini sehingga nantinya pada saat pembacaan temperature pada tangki tidak jauh dari pada suhu sebenarnya. Berikut adalah hasi dari pada hasil pengujian validasi thermocouple yang akan di gunakan :

##### **4.1.1 Pengujian Validasi *Thermocouple Type-K***

Tabel 3. 2 Hasil Validasi Thermocouple Type-K

Pembacaan Thermometer	Pengujian Data Ke-			
	I(Turun)	II(Turun)	III(Naik)	IV(Naik)
35	35.25	35.35	35.25	35.16
40	40.21	40.3	40.1	40.11
45	44.27	45.16	44.27	45.6
50	50.11	50.1	50.1	50.21
55	55.16	54.37	54.37	55.7
60	60.12	59.32	60.12	60.2
65	64.37	65.7	64.32	64.37
70	69.13	70.1	69.23	69.23
75	75.37	76.12	75.37	75.17
80	79.4	79.53	80.12	80.3

## 4.2 Data Hasil Pengujian

Di dapatkan hasil pengujian alat dengan membandingkan antara temperature dengan waktu , serta temperature dengan arus. Yang mana dari data yang diambil dapat melihat jalannya proses pada tangki pemanasan air dengan melihat bagaimana kecepatan pemanasan air serta arus yang keluar pada pemanasan air. Data yang di ambil kemudian di masuk kan kedalam table sehingga mendapat data sebagai berikut :

### 4.2.1 Pengambilan Data Proses Pemanasan Air

Pada pengambilan data ini terdapat 3 perbandingan data yaitu temperature dengan waktu , temperature dengan arus serta waktu terhadap arus. Jadi pengujian pada kali ini membandingkan ke tiga data tersebut apakah proses pemanasan linear dengan waktu serta arus. Berikut adalah hasil data pengujian :

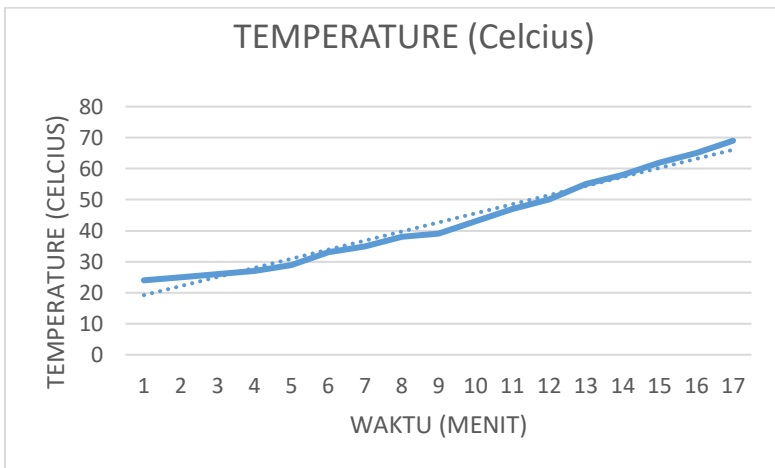
#### 4.2.1.1 Hasil data temperature terhadap waktu

Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Temperature Terhadap Waktu

WAKTU (Menit)	TEMPERATURE (Celcius)
1	24
2	25
3	26
4	27
5	29
6	33
7	35
8	38
9	39
10	43
11	47
12	50
13	55
14	58
15	62

16	65
17	69

Data ini diambil dengan mengamati hasil pembacaan temperature pada lcd di control panel dengan menghitung cepat waktu pemanasan sesuai dengan set point yang mana diambil kenaikan suhu tiap 1 menit , lalu data tersebut diolah pada *Excel* mendapatkan hasil di **Tabel 3**. Agar lebih jelas kenaikan suhu tiap menitnya maka perlu di buat grafik dari table diatas, di dapatkan table pada berikut ini :



Gambar 4. 1 Grafik Pengujian Temperature Terhadap Waktu

Dari grafik diatas dapat dilihat kenaikan suhu setiap menitnya terlihat naik sehingga kenaikan temperature linear terhadap waktu. Sehinga semakin lama waktu pemanasan maka temperature pada tangki akan semakin panas. Begitu juga sebaliknya ketika semakin sebentar waktu pemanasan maka semakin kecil temperature pada tangki

#### 4.2.1.2 Hasil data temperature terhadap arus

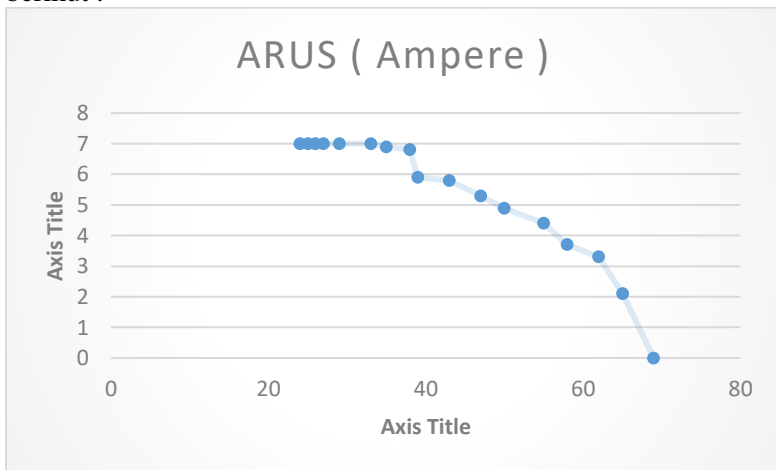
Tabel 3. 4 Hasil pengujian pengaruh temperature pada arus

<b>TEMPERATURE( Celcius )</b>	<b>ARUS ( Ampere )</b>
24	7
25	7
26	7
27	7
29	7
33	7
35	6,9
38	6,8
39	5,9
43	5,8
47	5,3
50	4,9
55	4,4
58	3,7
62	3,3
65	2,1
69	0

Data ini diambil dengan mengamati hasil pembacaan temperature pada lcd di control panel serta pembacaan arus pada avometer yang di tancapkan pada kabel yang mengarah pada heater di plan. Dari pembacaan tersebut di catat hingga suhu sampai set point lalu data tersebut di proses pada *Excel* sehingga dapat terlihat linearitas antara temperature dengan arus. Dimana arus pada temperature yang masih jauh dengan set point akan

semakin tinggi yaitu pulse awal 7 ampere kemudian saat suhu semakin mendekati set point ampere akan semakin turun dikarenakan pada proportional control akan mengurangi eror yang berakibat penurunan arus menjadi semakin kecil.

Dapat di simpulkan pada pengaruh temperature terhadap adalah , ketika suhu semakin jauh dari set point makan arus akan makin besar dan ketika temperature mendekati set point maka arus semakin kecil. Berikut adalah grafik dari **Tabel 4** ialah sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Grafik Temperature Terhadap Arus

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pengaruh temperature terhadap arus akan semakin menurun ketika temperature semakin dekat dengan set point. Dikarenakan pada saat temperature semakin mendekati set point maka eror pada proportional control berkurang sehingga berpengaruh terhadap arus yang akan mengalir heater. Sehingga suhu pada tangki tidak meningkat.

#### 4.2.1.3 Hasil data Temperature pada saat *steady state*

Berikut adalah hasil dari pengambilan data temperature pada saat kondisi steady state dimana data tersebut adalah sebagai berikut:

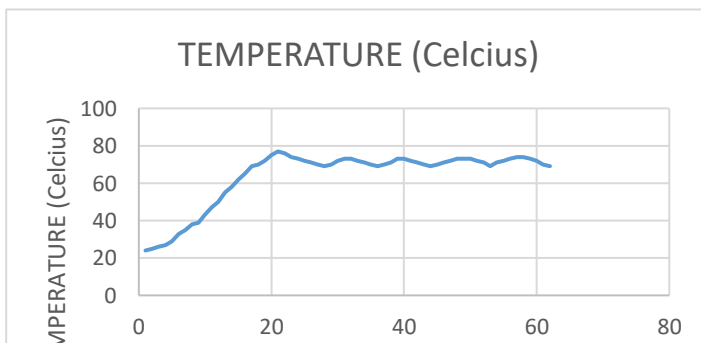
Tabel 3. 5 Hasil pengambilan data temperature pada saat steady state

<b>WAKTU (Menit)</b>	<b>TEMPERATURE (Celcius)</b>
1	24
2	25
3	26
4	27
5	29
6	33
7	35
8	38
9	39
10	43
11	47
12	50
13	55
14	58
15	62
16	65
17	69
18	70
19	72
20	75
21	77
22	76
23	74
24	73
25	72

26	71
27	70
28	69
29	70
30	72
31	73
32	73
33	72
34	71
35	70
36	69
37	70
38	71
39	73
40	73
41	72
42	71
43	70
44	69
45	70
46	71
47	72
48	73
49	73
50	73
51	72
52	71
53	69
54	71
55	72

56	73
57	74
58	74
59	73
60	72
61	70
62	69

Data ini didapat dengan cara memanaskan air pada tangki hingga sesuai dengan set point kemudian di lihat perubahan temperature pada Lcd dengan melihat berapa kenaikan suhu dalam 1 menit. Kemudian setelah suhu tepat pada set point, di amati kenaikan suhu pada saat kondisi heater mati. Jika dilihat dari data diatas memang kenaikan suhu setelah mencapai set point sangat jauh dari set point di karenakan kondisi heater pada saat air mencapai set point langsung mati tetapi memiliki sisa sisa energy panas yang masih tersimpan pada heater tersebut. Kemudian temperature di amati sampai suhu kurang dari pada set point sehingga heater akan menyala lagi kemudian di amati lagi sampai suhu mencapai set point lagi. Pengambilan data di ulangi sampai 62 menit.



Gambar 4. 3 Grafik hasil pengambilan data temperature pada kondisi steady state



### 4.3 Pembahasan

Pada proses pemanasan air pada tangki tertutup yang memiliki set point 70 derajat celcius dengan kapasitas air maximal 30Liter memiliki waktu pemanasan kurang lebih 15-20 menit pada start up awal program. Dengan design tangki yang vacum/kedap akan udara membutuhkan proses sirkulasi air pada awal start up di karena kan proses pemanasan tidak merata, pada saat pertama menjalankan program tanpa pembukaan valve untuk sirkulasi, air yang panas ada pada daerah tengah hingga atas tangki sehingga peletakan thermocouple yang ada di bagian bawah tangki lambat dalam pembacaan temperaturnya, sehingga di perlukan adanya sirkulasi air pada start up, maka digunakanlah solenoid valve untuk memberikan sirkulasi air agar suhu panas dapat mengalir kebawah untuk memberikan thermocouple pembacaan agar tidak meleset pada set point.

Pada saat pengujian heater ketika suhu tangki masih jauh di bawah set point maka arus pada heater sekitar 7 ampere, arus yang di berikan pada heater sesuai dengan control proportional ketika nilai proportional memberikan nilai 625 pada lcd maka heater mendapat arus 7 ampere, ketika turun menjadi setengah dari nilai proportional maka arus pada heater sekitar 6-5 ampere. Tetapi pemberian arus pada heater tetap sesuai pada kondisi temperature pada tangki.

*(halaman ini sengaja di kosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Telah di hasilkan alat pemanas air pada plant alat penukar panas yang di hubungkan pada software CVAVR. Dari hasil uji performansi alat dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Pada proses pemanasan air dari suhu 25°C ke 70°C, arus yang di berikan pada heater tergantung terhadap temperature pada tangk. Pada saat temperature 70°C maka arus yang di berikan pada heater menjadi 0 dan ketika temperature 25°C arus yang di berikan pada heater 7 ampere
2. Didapat kan spesifikasi heater dengan BTU 5,573, jika diubah menjadi Watt maka menjadi 1633w. Dengan itu tangki pemanas dengan ukuran 60x25cm menggunakan 1633w untuk memanasi air sesuai dengan set point 70°C. Nilai BTU didapat kan dari rumus kesetimbangan energy (  $Q = m \cdot c \Delta t$  )

#### **5.2 Saran**

Adapun saran dalam tugas akhir ini adalah sebaiknya flanged pada tangki di buat lebih tebal serta di beri karet agar mengurangi kebocoran pada saat tangki mendapatkan preasure yang lebih besar, serta pipa pada output menggunakan pipa alumunium agar mengurangi kebocoran pada saat di aliri air yang bertekanan. Begitu juga peletakan thermocouple type-k sebaiknya di letakan berjauhan dari

*(halaman ini sengaja di kosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] AMALIA, I. (2012, DESEMBER 08). *PENUKAR PANAS ( HEAT EXCHANGER )*. Retrieved from [www.scribd.com:www.scribd.com/doc/46808854/Tugas-Shell-and-Tube-Ex-Changer-2](http://www.scribd.com:www.scribd.com/doc/46808854/Tugas-Shell-and-Tube-Ex-Changer-2)
- [2] ARIFFUDIN, S. D. (2014). *Perancangan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Mesin Pengaduk Bahan Baku Sabun Mandi Cair* . SURABAYA: UNIVERSITAS SURABAYA.
- [3] CORPORATION, A. (2011). *8-bit Atmel Microcontroller with 128KBytes In-System Programmable Flash*. SAN JOSE: ATMEL CORPORATION.
- [4] elektronika, t. (2018, juli 30). *Pengertian thermocouple*. Retrieved from teknik elektronika: <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>
- [5] FEBRIANTO, N. (2016). *RANCANG BANGUN KONTROL SUHU AIR PADA PROTOTIPE PEMANAS AIR MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY*. BANDUNG: UNIVERSITAS BANDUNG.
- [6] group, m. (2018, juli 30). *belajar mikrokontroller*. Retrieved from pengertian lcd 16x2: <http://belajarmikrokontroler.com/tag/pengertian-lcd-16x2/>
- [7] INSTRUMENTS, W. (2018). *Proses control*. United states: [www.weschler.com](http://www.weschler.com).
- [8] OMEGA. (2018). *DATASHEET THERMOCOUPLE TYPE-K*. UNITED STATES: OMEGA.

- [9] PRIONO, S. (2011). *SISTEM KENDALI OTOMATIS SUHU PEMANASAN AIR BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535*. DEPOK: GUNADARMA UNIVERSITY.
- [10] RISMAN. (2008). *PERANCANGAN SISTEM PEMIPAAAN AIR PANAS DENGAN HOT WATER BOILER PADA FASHION HOTEL JALAN GUNUNG SAHARA 12/2 JAKARTA*. JAKARTA: UNIVERSITAS MERCU BUANA.
- [11] Salam, R. (2013). *RANCANG BANGUN PEMANAS SILINDER DENGAN PENGENDALI TEMPERATUR UNTUK PROSES SINTESIS NANOPARTIKEL MAGNETIK*. JOGJAKARTA : Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju - BATAN .
- [12] SUMARJI. (2011). *STUDI PERBANDINGAN KETAHANAN KOROSI STAINLESS STEEL TIPE SS 304 DAN SS 201 MENGGUNAKAN METODE U-BEND TEST SECARA SIKLIK DENGAN VARIASI SUHU DAN PH*. JEMBER: JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS NEGERI JEMBER.

## LAMPIRAN A

Chip type : ATmega128  
Program type : Application  
AVR Core Clock frequency: 16,000000 MHz  
Memory model : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 1024

\*\*\*\*\*

\*/

```
#include <mega128.h>
#include <delay.h>
// Alphanumeric LCD Module functions
#include <alcd.h>
#define CS PORTD.6
#define SDIN PIND.4
#define SCLK PORTD.7
#define LEDRUN PORTD.5
#define LEDDRY PORTB.2
#define svin PORTB.3
#define svout PORTB.1
#define heat4 PORTB.6
#define heat5 PORTB.5
```

```
#define LEDHEAT PORTB.4
#define heat1 PORTE.4
#define heat3 PORTB.7
#define heat2 PORTE.5
#define Highlevel PINE.6
#define LowLevel PINE.7
#define backlight PORTC.1

#define kp 31    //maxduty 625
#define kd 15
```

```
bit Run,respon,layar,High,Low,enable_heater,ON;
int count;
// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
// Place your code here
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
}
```



```
// External Interrupt 1 service routine
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
{
// Place your code here

}

// External Interrupt 2 service routine
interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
// Place your code here
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
}

// External Interrupt 3 service routine
interrupt [EXT_INT3] void ext_int3_isr(void)
{
// Place your code here
ON=~ON;

}
```

```
// External Interrupt 4 service routine
interrupt [EXT_INT4] void ext_int4_isr(void)
{
// Place your code here
High=1;
}
```

```
// External Interrupt 5 service routine
interrupt [EXT_INT5] void ext_int5_isr(void)
{
// Place your code here
Low=1;
}
```

```
#ifndef RXB8
#define RXB8 1
#endif
```

```
#ifndef TXB8
#define TXB8 0
#endif
```

```
#ifndef UPE
#define UPE 2
#endif
```

```
#ifndef DOR
#define DOR 3
#endif
```

```
#ifndef FE
#define FE 4
#endif
```

```
#ifndef UDRE
#define UDRE 5
#endif
```

```
#ifndef RXC
#define RXC 7
#endif
```

```
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
```

```

#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)

// USART0 Receiver buffer
#define RX_BUFFER_SIZE0 8
char rx_buffer0[RX_BUFFER_SIZE0];

#if RX_BUFFER_SIZE0 <= 256
unsigned char rx_wr_index0,rx_rd_index0,rx_counter0;
#else
unsigned int rx_wr_index0,rx_rd_index0,rx_counter0;
#endif

// This flag is set on USART0 Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow0;

// USART0 Receiver interrupt service routine
interrupt [USART0_RXC] void usart0_rx_isr(void)
{
char status,data;
status=UCSR0A;

```

```

data=UDR0;
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR |
DATA_OVERRUN))==0)
{
    rx_buffer0[rx_wr_index0++]=data;
#if RX_BUFFER_SIZE0 == 256
    // special case for receiver buffer size=256
    if (++rx_counter0 == 0)
    {
#else
    if (rx_wr_index0 == RX_BUFFER_SIZE0) rx_wr_index0=0;
    if (++rx_counter0 == RX_BUFFER_SIZE0)
    {
        rx_counter0=0;
#endif
        rx_buffer_overflow0=1;
    }
}
}

#ifdef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART0 Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_

```

```

#pragma used+
char getchar(void)
{
    char data;
    while (rx_counter0==0);
    data=rx_buffer0[rx_rd_index0++];
    #if RX_BUFFER_SIZE0 != 256
    if (rx_rd_index0 == RX_BUFFER_SIZE0) rx_rd_index0=0;
    #endif
    #asm("cli")
    --rx_counter0;
    #asm("sei")
    return data;
}
#pragma used-
#endif

```

```

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

```

```

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)

```

```

{
// Place your code here
count++;
    if(count>=15)
    {
        count=0;
        respon=1;
    }

}

```

```

#define ADC_VREF_TYPE 0x00
// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete

```

```
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}
```

```
// Declare your global variables here
```

```
int read_Tset(int Tset)
```

```
{
    int i;
    Tset=0;

    CS=1;
    CS=1;
    SCLK=0;
    SCLK=0;
    CS=0;
    CS=0;
    SCLK=1;
    SCLK=1;
    for (i=1; i<=12; i++)
    {
        SCLK=0;
```



```

SCLK=0;
SCLK=1;
SCLK=1;
switch(i)
{
case 1 :{Tset=Tset+SDIN*2048;break;}
case 2 :{Tset=Tset+SDIN*1024;break;}
case 3 :{Tset=Tset+SDIN*512;break;}
case 4 :{Tset=Tset+SDIN*256;break;}
case 5 :{Tset=Tset+SDIN*128;break;}
case 6 :{Tset=Tset+SDIN*64;break;}
case 7 :{Tset=Tset+SDIN*32;break;}
case 8 :{Tset=Tset+SDIN*16;break;}
case 9 :{Tset=Tset+SDIN*8;break;}
case 10 :{Tset=Tset+SDIN*4;break;}
case 11 :{Tset=Tset+SDIN*2;break;}
case 12 :{Tset=Tset+SDIN*1;break;}
}
}

```

```

Tset=Tset/4;
SCLK=0;

```

```

SCLK=0;
SCLK=1;
SCLK=1;

CS=1;
CS=1;
return Tset;
// PORTC.7=~PORTC.7;
}
void main(void)
{
// Declare your local variables here
int
Tpot,Heater,shutdown,deltasuhu,powerheat,gain,Ttangki,pd,laster
rorsuhu,errorsuhu,d,tambah;
unsigned char buff[16];
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

```

```
// Port B initialization
// Func7=In Func6=Out Func5=Out Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=0 State5=0 State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0xFE;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0xFF;

// Port D initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=T State3=P State2=P
State1=P State0=P
PORTD=0x0F;
DDRD=0xE0;
```

```
// Port E initialization
// Func7=In Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=Out
Func2=In Func1=Out Func0=In
// State7=P State6=P State5=0 State4=0 State3=0 State2=T
State1=0 State0=T
PORTE=0xC0;
DDRE=0x3A;
```

```
// Port F initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTF=0x00;
DDRF=0x00;
```

```
// Port G initialization
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTG=0x00;
DDRG=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
// Clock value: 15,625 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR0=0x07;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 62,500 kHz
// Mode: Fast PWM top=OCR1A
// OC1A output: Non-Inv.
// OC1B output: Non-Inv.
// OC1C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
```

```
// Compare C Match Interrupt: Off
```

```
TCCR1A=0x00;
```

```
TCCR1B=0x00;
```

```
TCNT1H=0x00;
```

```
TCNT1L=0x00;
```

```
ICR1H=0x02;
```

```
ICR1L=0x71;
```

```
OCR1AH=0x02;
```

```
OCR1AL=0x71;
```

```
OCR1BH=0x00;
```

```
OCR1BL=0x00;
```

```
OCR1CH=0x00;
```

```
OCR1CL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer2 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=0xFF
```

```
// OC2 output: Disconnected
```

```
TCCR2=0x00;
```

```
TCNT2=0x00;
```

```
OCR2=0x00;
```

```
// Timer/Counter 3 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 62,500 kHz
// Mode: Fast PWM top=OCR3A
// OC3A output: Non-Inv.
// OC3B output: Non-Inv.
// OC3C output: Non-Inv.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer3 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00;
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
ICR3H=0x00;
ICR3L=0x00;
OCR3AH=0x02;
```

```
OCR3AL=0x71;  
OCR3BH=0x00;  
OCR3BL=0x00;  
OCR3CH=0x00;  
OCR3CL=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization  
// INT0: On  
// INT0 Mode: Falling Edge  
// INT1: On  
// INT1 Mode: Falling Edge  
// INT2: On  
// INT2 Mode: Falling Edge  
// INT3: On  
// INT3 Mode: Falling Edge  
// INT4: On  
// INT4 Mode: Rising Edge  
// INT5: On  
// INT5 Mode: Rising Edge  
// INT6: Off  
// INT7: Off  
EICRA=0xAA;
```



```
EICRB=0x0F;  
EIMSK=0x3F;  
EIFR=0x3F;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization  
TIMSK=0x01;
```

```
ETIMSK=0x00;
```

```
// USART0 initialization  
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity  
// USART0 Receiver: On  
// USART0 Transmitter: On  
// USART0 Mode: Asynchronous  
// USART0 Baud Rate: 9600  
UCSR0A=0x00;  
UCSR0B=0x98;  
UCSR0C=0x06;  
UBRR0H=0x00;  
UBRR0L=0x67;
```

```
// USART1 initialization
```

```
// USART1 disabled
UCSR1B=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 250,000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin

ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x86;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;
```

```
// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 2
// EN - PORTC Bit 4
// D4 - PORTC Bit 6
// D5 - PORTC Bit 7
// D6 - PORTC Bit 5
// D7 - PORTC Bit 3
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
lcd_clear();
// Global enable interrupts
#asm("sei")
printf("startup");
delay_ms(1000);
backlight=1;
startup:
heat1=0;
heat2=0;
```

```

heat3=0;
heat4=0;
heat5=0;
LEDRUN=1;
LEDDRY=0;
LEDHEAT=0;
High=0;

while(Highlevel==1)
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf(" HEATER TANK ");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf(" FILLING WATER ");
    LEDDRY=~LEDDRY;
    delay_ms(1000);
    printf("mengisi air");

}
printf("sudah penuh\r");
LEDDRY=0;
LEDHEAT=1;

```

```
heat1=1;
heat2=1;
heat3=1;
heat4=1;
heat5=1;
LEDHEAT=1;
svout=0;
svin=0;
Tpot=30+(read_adc(6)/25.6);
Ttangki=read_Tset(0);
printf("suhusetting%d\r",Tpot);
printf("suhutangki%d\r",Ttangki);
tambah=0;
while(Ttangki<=Tpot)
{  lcd_gotoxy(0,0);
   lcd_putsf("HEATER TANK");
   lcd_gotoxy(0,1);
   lcd_putsf("HEATING WATER");
   sprintf(buff,"%2dC",Ttangki);

   lcd_puts(buff);
   LEDRUN=~LEDRUN;
```

```

delay_ms(1000);
    tambah++;
    if ((tambah>=60)&&(tambah<=90))
    { svout=1;svin=1;}
    else if(tambah>=90){ svout=0;svin=0;tambah=0;}
    printf("pemanasan air");
    printf("Suhu tangki %2dC\r",Ttangki);
    Ttangki=read_Tset(Ttangki);
    if(Highlevel==0)goto startup;
}
printf("sudah panas\r");
LEDHEAT=0;
LEDRUN=1;
ON=1;
heat1=0;
heat2=0;
heat3=0;
heat4=0;
heat5=0;
count=0;
while (1)
    {

```

```
// Place your code here
```

```
if (respon==1) //tiap 1/30 detik
{
    Ttangki=read_Tset(Ttangki);
    Tpot=30+(read_adc(6)/25.6);
    if(ON==1)
    {LEDRUN=1;
    if (Highlevel==0)
    {
        shutdown++;
        LEDDRY=1;
    }
    }
    else
    { shutdown=0;
    LEDDRY=0;
    enable_heater=1;
    TCCR3A=0x2B;
    TCCR3B=0x1C; //aktivasi PWM 100Hz heat 1&2
```

```

    TCCR1A=0x2B;
    TCCR1B=0x1C; //aktivasi PWM 100Hz heat 3&4
  }
  if (shutdown>=5)
  {enable_heater=0;
    TCCR3A=0x00;
    TCCR3B=0x00; //non aktif PWM
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x00; //non aktif PWM

  }

```

```

if (enable_heater==1)
{ //Proportional control
  LEDHEAT=1;
  lasterrorsuhu=errorsuhu;
  errorsuhu=Tpot-Ttangki;
  d=errorsuhu-lasterrorsuhu;
  pd=(kp*errorsuhu); //+(kd*d); //625/20=31(kp);kd=15;

```



```

if (errorsuhu>=1)heat5=1;

if(pd<=0)
{
    pd=0;
}
else if(pd>=624)pd=624;
if (errorsuhu<=-5){ svout=1;svin=1;}
else { svout=0;svin=0;}
if (pd>=256)
{OCR3BH=pd/256;
OCR3CH=pd/256;
OCR1BH=pd/256;
OCR1CH=pd/256;
OCR3BL=pd-(256*OCR3BH);
OCR3CL=pd-(256*OCR3CH);
OCR1BL=pd-(256*OCR1BH);
OCR1CL=pd-(256*OCR1CH);
}
else
{
    OCR3BH=0x00;

```

```

OCR3CH=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1CH=0x00;
OCR3BL=pd;
OCR3CL=pd;
OCR1BL=pd;
OCR1CL=pd;

}
if (pd==0)
{ heat1=0;
heat2=0;
heat3=0;
heat4=0;
heat5=0;
//TCCR3A=0x00;
//TCCR3B=0x00; //non aktif PWM
//TCCR1A=0x00;
//TCCR1B=0x00; //non aktif PWM
LEDHEAT=0;}
}
else

```

```
{LEDHEAT=0;
  TCCR3A=0x00;
  TCCR3B=0x00;
  TCCR1A=0x00;
  TCCR1B=0x00;
  heat1=0;
  heat2=0;
  heat3=0;
  heat4=0;
  heat5=0;
}
```

```
}
else
{LEDHEAT=0;
  LEDDRY=0;
  LEDRUN=0;
  backlight=0;
  TCCR3A=0x00;
  TCCR3B=0x00;
  TCCR1A=0x00;
```

```
TCCR1B=0x00;  
heat1=0;  
heat2=0;  
heat3=0;  
heat4=0;  
heat5=0;
```

```
}
```

```
    lcd_gotoxy(0,0);  
    lcd_putsf("Tst=");  
    //read_Tset();  
    printf("Tpot %d\r",Tpot);  
    sprintf(buff,"%2dC ",Tpot);  
    lcd_puts(buff);  
  
    lcd_gotoxy(8,0);  
    lcd_putsf("Tnw=");  
    printf("Ttangki %d\r",Ttangki);  
    sprintf(buff,"%2dC",Ttangki);  
    lcd_puts(buff);
```

```
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf("Heater= ");
        printf("pd %d\r",pd);
        sprintf(buff,"%3d  ",pd);
        lcd_puts(buff);
    respon=0;
    }
}
}
```



# LAMPIRAN B

## Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR®-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 133 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16MIPS Throughput at 16MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 128Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 4Kbytes EEPROM
  - 4Kbytes Internal SRAM
  - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
  - Programming Lock for Software Security
  - SPI Interface for In-System Programming
- GTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - GTouch and GMatrix acquisition
  - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
    - Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Two 8-bit PWM Channels
  - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
  - Output Compare Modulator
  - 8 channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Dual Programmable Serial USARTs
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
  - Software Selectable Clock Frequency
  - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
  - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
  - 53 Programmable I/O Lines
  - 64-lead TQFP and 64-pad QFNMLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V ATmega128L
  - 4.5 - 5.5V ATmega128
- Speed Grades
  - 0 - 8MHz ATmega128L
  - 0 - 16MHz ATmega128



8-bit Atmel  
Microcontroller  
with 128KBytes  
In-System  
Programmable  
Flash

ATmega128  
ATmega128L

Rev. 3657E-AVR-09/11



K<sup>o</sup>C

TABLE 5 Type K Thermocouple — thermoelectric voltage as a function of temperature (°C); reference junctions at 0 °C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
Thermoelectric Voltage in Millivolts												
-270	-6.458											-270
-260	-6.411	-6.444	-6.446	-6.448	-6.450	-6.452	-6.453	-6.455	-6.456	-6.457	-6.458	-260
-250	-6.404	-6.408	-6.413	-6.417	-6.421	-6.425	-6.429	-6.432	-6.435	-6.438	-6.441	-250
-240	-6.344	-6.351	-6.358	-6.364	-6.370	-6.377	-6.382	-6.388	-6.393	-6.399	-6.404	-240
-230	-6.262	-6.271	-6.280	-6.289	-6.297	-6.306	-6.314	-6.322	-6.329	-6.337	-6.344	-230
-220	-6.158	-6.170	-6.181	-6.192	-6.202	-6.213	-6.223	-6.233	-6.243	-6.252	-6.262	-220
-210	-6.035	-6.048	-6.061	-6.074	-6.087	-6.099	-6.111	-6.123	-6.135	-6.147	-6.158	-210
-200	-5.891	-5.907	-5.922	-5.936	-5.951	-5.965	-5.980	-5.994	-6.007	-6.021	-6.035	-200
-190	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.797	-5.813	-5.829	-5.845	-5.861	-5.876	-5.891	-190
-180	-5.550	-5.569	-5.588	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.713	-5.730	-180
-170	-5.354	-5.374	-5.395	-5.415	-5.435	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531	-5.550	-170
-160	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.250	-5.271	-5.292	-5.313	-5.333	-5.354	-160
-150	-4.913	-4.936	-4.960	-4.983	-5.006	-5.029	-5.052	-5.074	-5.097	-5.119	-5.141	-150
-140	-4.669	-4.694	-4.719	-4.744	-4.768	-4.793	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889	-4.913	-140
-130	-4.411	-4.437	-4.463	-4.490	-4.516	-4.542	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644	-4.669	-130
-120	-4.138	-4.166	-4.194	-4.221	-4.249	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384	-4.411	-120
-110	-3.852	-3.882	-3.911	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.054	-4.082	-4.110	-4.138	-110
-100	-3.554	-3.584	-3.614	-3.645	-3.675	-3.705	-3.734	-3.764	-3.794	-3.823	-3.852	-100
-90	-3.243	-3.274	-3.306	-3.337	-3.368	-3.400	-3.431	-3.462	-3.492	-3.523	-3.554	-90
-80	-2.920	-2.953	-2.986	-3.018	-3.050	-3.083	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211	-3.243	-80
-70	-2.587	-2.620	-2.654	-2.688	-2.721	-2.755	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887	-2.920	-70
-60	-2.243	-2.276	-2.312	-2.347	-2.382	-2.416	-2.450	-2.485	-2.519	-2.553	-2.587	-60
-50	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.103	-2.138	-2.173	-2.208	-2.243	-50
-40	-1.527	-1.564	-1.600	-1.637	-1.673	-1.709	-1.745	-1.782	-1.818	-1.854	-1.889	-40
-30	-1.156	-1.194	-1.231	-1.268	-1.305	-1.343	-1.380	-1.417	-1.453	-1.490	-1.527	-30
-20	-0.778	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.006	-1.043	-1.081	-1.119	-1.156	-20
-10	-0.392	-0.431	-0.470	-0.508	-0.547	-0.586	-0.624	-0.663	-0.701	-0.739	-0.778	-10
0	0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353	-0.392	0
10	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397	10
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203	20
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612	30
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023	40
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436	50
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851	60
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267	70
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682	80
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096	90
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509	100
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920	110
120	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288	5.328	120
130	5.328	5.369	5.410	5.450	5.491	5.532	5.572	5.613	5.653	5.694	5.735	130
140	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098	6.138	140
150	6.138	6.179	6.219	6.259	6.299	6.339	6.380	6.420	6.460	6.500	6.540	150
160	6.540	6.580	6.620	6.660	6.701	6.741	6.781	6.821	6.861	6.901	6.941	160
170	6.941	6.981	7.021	7.060	7.100	7.140	7.180	7.220	7.260	7.300	7.340	170
180	7.340	7.380	7.420	7.460	7.500	7.540	7.579	7.619	7.659	7.699	7.739	180
190	7.739	7.779	7.819	7.859	7.899	7.939	7.979	8.019	8.059	8.099	8.138	190

°C 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 °C